

Epigenetik

Implikationen für die Lebens- und Geisteswissenschaften

Herausgegeben von
Jörn Walter | Anja Hümpel

 Nomos



Forschungsberichte der Interdisziplinären Arbeitsgruppen
der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Epigenetik

Implikationen für die Lebens- und Geisteswissenschaften

Herausgegeben von
Jörn Walter | Anja Hümpel



Nomos



Diese Publikation erscheint mit Unterstützung des Regierenden Bürgermeisters von Berlin – Senatskanzlei Wissenschaft sowie des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg.

Interdisziplinäre Arbeitsgruppen
Forschungsberichte, Band 37

Herausgegeben von der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-8487-2739-1 (Print)

ISBN 978-3-8452-7083-8 (ePDF)

1. Auflage 2017

© Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 2017. Gedruckt in Deutschland. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier.

Vorwort

Die Epigenetik ist ein Forschungsgebiet von großer Relevanz für verschiedenste Zweige der Biologie, Biomedizin und Biotechnologie. Sie ist es deshalb, weil sie molekulare Kontrollmechanismen, die nicht auf der Ebene des genetischen Codes im Genom festgelegt sind, beschreibt. Im Zentrum der Epigenetik stehen strukturelle Veränderungen an der Erbsubstanz, die der Genetik nachgeschaltet sind und die die Aktivität einzelner Gene steuern. Epigenetische Muster sind – im Gegensatz zu konkreten Mutationen von Genen – aber veränderlich. Sie werden durch äußere Faktoren wie Umwelteinflüsse beeinflusst. Solche von der Umwelt geprägten Eigenschaften können auch auf die nachfolgenden Generationen vererbt werden, denn epigenetische Muster werden mit der Erbsubstanz weitergegeben. Die Bedeutung und Auswirkung vererbbarer und veränderbarer biologischer Prozesse im Menschen werden zudem in den Geistes-, Rechts- und Gesellschaftswissenschaften diskutiert, da die Ergebnisse der Epigenetik und deren Rezeption von großer gesellschaftspolitischer Brisanz sein könnten. Offen bleibt derzeit, wie die neuen Erkenntnisse Handlungsrelevanz bekommen und ob Individuen neue Formen von epigenetischer Verantwortung zugeschrieben werden können.

Die Entwicklung dieser Disziplin genauso wie ihre über die Wissenschaft hinausreichende Relevanz frühzeitig zu beobachten, ist Aufgabe der Interdisziplinären Arbeitsgruppe (IAG) *Gentechnologiebericht* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW). Seit 2005 publiziert die von Ferdinand Hucho 2002 initiierte Interdisziplinäre Arbeitsgruppe regelmäßig Berichte über unterschiedliche Anwendungen der Gentechnologie in Deutschland. Mit ihren systematischen Arbeiten will die Arbeitsgruppe zu mehr Transparenz im öffentlichen Diskurs beitragen. Ihr Anliegen ist ein langfristiges und unabhängiges Monitoring der Hochtechnologie. Neben der fortlaufenden Berichtsreihe publiziert sie zusätzliche Themenbände, die einzelne Bereiche der Gentechnologie – wie hier erstmalig die Epigenetik – detailliert in den Fokus nehmen.

Mit dem vorliegenden Themenband „Epigenetik“ bietet die Interdisziplinäre Arbeitsgruppe *Gentechnologiebericht* in diesem Sinn eine Übersicht über neue Entwicklungen dieses wichtigen Forschungsfeldes und ihre Anwendungen. Der Band liefert eine umfassende Darstellung des aktuellen Forschungsstands sowie eine interdisziplinäre Analyse, die neben naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten auch soziokulturelle und ethisch-philosophische Perspektiven einbezieht. Die inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Thema wird durch die Darstellung von Indikatoren abgerundet, mit denen aktuelle Entwicklungen und Trends im Kontext der Epigenetik abgebildet und im Vergleich zum „Dritten Gentechnologiebericht“ (2015) fortgeschrieben werden.

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Herausgeber oder der Arbeitsgruppe wieder. Die IAG verantwortet gemeinsam die Kernaussagen und Handlungsempfehlungen (Kapitel 1). Sie stellen die Meinung der IAG dar, die nicht notwendigerweise von allen Mitgliedern der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften vertreten wird; die Akademie steht jedoch hinter der Qualität der geleisteten Arbeit.

Ein herzlicher Dank gebührt allen Mitwirkenden an diesem Band. Dieser gilt in erster Linie den Autorinnen und Autoren. Gedankt sei auch Julia Diekämper und Lilian Marx-Stölting gemeinsam mit Edward Ott und Sara Chrzanowski-Lange für ihre vielfältige Unterstützung beim Management des Buchprojekts sowie für das Lektorat des finalen Manuskripts, ferner dem Nomos Verlag für Satz und Druck und hier besonders Martin Reichinger für die gute Zusammenarbeit sowie Michael Scherf für das Korrektorat. Auch Ute Tintemann gebührt Dank für ihre Unterstützung bei der Fertigstellung des Buches.

Die Interdisziplinäre Arbeitsgruppe wird ihr Monitoring auch in den kommenden Jahren fortsetzen; in Vorbereitung sind unter anderem ein Themenband zur Stammzellforschung und der „Vierte Gentechnologiebericht“.

Martin Korte

Sprecher der Interdisziplinären Arbeitsgruppe *Gentechnologiebericht* der
Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften
Braunschweig, im November 2016

Inhalt

Vorwort	5
---------------	---

<i>K. Viktoria Röntgen</i>	
Zusammenfassung	11

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht

1.	Kernaussagen und Handlungsempfehlungen	23
1.1	Biologischer Hintergrund und Bedeutung der Epigenetik	23
1.2	Epigenetik und individuelle Anpassung	24
1.3	Epigenetische Vererbung	25
1.4	Epigenetische Diagnostik	26
1.5	Epigenetische Therapie- und Interventionsansätze	27
1.6	Epigenomforschung	27
1.7	Epigenetik und Ethik	28
1.8	Epigenetik in den Medien	29

Lilian Marx-Stölting

2.	Einführung: Problemfelder und Indikatoren zur Epigenetik	31
2.1	Motivation und Zielsetzung	31
2.2	Problemfelder und Indikatoren im Bereich der Epigenetik	32
2.3	Struktur des Themenbands	37
2.4	Literatur	38

Jörn Walter, Anja Hümpel

3.	Epigenetik: Hintergrund und Bedeutung des Forschungsgebietes	39
3.1	Vorbemerkung	39
3.2	Grundprinzipien, Verbreitung und Bedeutung der Epigenetik	39
3.3	Der Begriff „Epigenetik“ in der gegenwärtigen Forschung	41

3.4	Grundlegende Mechanismen epigenetischer Kontrolle	42
3.4.1	DNA-Methylierung	43
3.4.2	Histon-Modifikationen	47
3.4.3	Epigenetik „nicht codierender“ RNA	51
3.5	Epigenomforschung	54
3.5.1	Kartierung von Histon-Modifikationen mithilfe von Chromatin-Immunpräzipitation und genomweiter Sequenzierung (ChIP-Seq)	55
3.5.2	Kartierung von DNA-Methylierung durch Bisulfitsequenzierung	56
3.5.3	Bestimmung offener Chromatinstellen	57
3.5.4	Vermessung der Chromosomenanordnung in Zellen	58
3.5.5	Funktionelle Interpretation durch RNA-Seq	58
3.5.6	Epigenomik und Bioinformatik (Computational Epigenomics) ..	59
3.5.7	Epigenomik: Von den Anfängen bis zur Anwendung	59
3.5.8	Datenschutz in der Epigenomik	62
3.5.9	Perspektiven der Epigenomforschung	62
3.6	Epigenetik und Anpassung	63
3.7	Konzepte epigenetischer Vererbung im Menschen	64
3.8	Perspektiven epigenetischer Forschung	65
3.9	Literatur	66

Michael Wassenegger

4.	Epigenetik in der Pflanzenzüchtung	69
4.1	Einleitung	69
4.2	DNA-Methylierung und Chromatin-Modifikationen	70
4.3	RNA-dirigierte DNA-Methylierung	76
4.4	Epigenetische Variationen und deren umweltbedingte Änderungen ...	81
4.5	Entwicklung Epigenetik-basierter Züchtungsverfahren für Pflanzen ..	83
4.5.1	Charakterisierung epigenetischer Regulationsphänomene	83
4.5.2	Epigenetische Kontrolle mobiler genetischer Elemente	84
4.5.3	Epigenetische Kontrolle von Stresseffekten	86
4.5.4	Züchtung mithilfe epigenetischer Manipulationen: RdDM-Technologie	87
4.5.5	Züchtung mithilfe epigenetischer Marker: Genome Editing	88
4.6	Fazit	89
4.7	Literatur	89

Stefan Knapp, Susanne Müller

5.	Chemische Open-Access-Sonden für epigenetische Zielstrukturen	95
5.1	Was ist Open Access?	96
5.2	Definition einer chemischen Sonde	98
5.3	Beispiele chemischer Sonden	99
5.3.1	Histon-Demethylasen	99
5.3.2	Histon-Methyltransferasen	101
5.3.3	Bromodomäne-Proteine	101
5.4	Der Einfluss chemischer Sonden auf die Grundlagenforschung	106
5.5	Der Einfluss chemischer Sonden für die Entwicklung neuer Pharmazeutika	108
5.6	Ausblick	110
5.7	Literatur	110

Christoph Rehmann-Sutter

6.	Zur biophilosophischen Bedeutung der Epigenetik	115
6.1	Zum Begriff „Epigenetik“	116
6.2	Responsive Evolution	120
6.3	Die Verflochtenheit von Evolution und Entwicklung	125
6.4	Philosophie der Genomik	127
6.5	Konklusionen	131
6.6	Literatur	131

Vanessa Lux

7.	Kulturen der Epigenetik	135
7.1	Bedeutungswandel der Epigenetik – begriffs- und wissenschaftsgeschichtliche Perspektive	137
7.2	Vererbung und Transgenerationalität	141
7.3	Traumata und Erinnerungsspuren	145
7.4	Neue Perspektiven auf die Traumaforchung	148
7.5	Epigenetik als Schwellenkunde	150
7.6	Literatur	153

Reinhard Heil, Philipp Bode

8.	Was sollen? Was dürfen?	
	Ethische und rechtliche Reflexionen auf die Epigenetik	159
8.1	Einleitung	159
8.2	Ethische Grundlagen	160
8.3	„Vererbung“	161
8.4	Psychosomatik und Suizid	163
8.5	Umweltgerechtigkeit	167
8.6	Gesellschaftliche und politische Relevanz	168
8.6.1	„Epigenetische Eugenik“	168
8.6.2	Epigenetische Medikalisierung	169
8.7	Rechtliche Aspekte	170
8.8	Fazit	173
8.9	Literatur	174

Julia Diekämper

9.	Du musst Dein Leben ändern! Epigenetik als printmedialer Verhandlungsgegenstand	177
9.1	Aufmerksamkeit für Epigenetik	179
9.2	Der lange Schatten. Trauma	185
9.3	Schwere Geburt? Schwangerschaften im Fokus der Epigenetik	188
9.4	Ausblick	192
9.5	Literatur	193
9.6	Medienbeiträge	195

Lilian Marx-Stöltzing

10.	Daten zu ausgewählten Indikatoren	197
10.1	Einführung und Übersicht	197
10.2	Daten zur öffentlichen Wahrnehmung, Realisierung wissenschaftlicher Zielsetzungen und zum Forschungsstandort Deutschland	201
10.3	Zusammenfassung	217
10.4	Literatur	217
11.	Anhang	219
11.1	Abbildungen und Tabellen	219
11.2	Autorinnen und Autoren	221